

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-307998

(43)公開日 平成5年(1993)11月19日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 5 G 1/20

識別記号

庁内整理番号

8119-4C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-134337

(22)出願日 平成4年(1992)4月28日

(71)出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72)発明者 高 野 博 司

千葉県柏市新十番二番1号 株式会社日

立メディコ技術研究所内

(72)発明者 小 林 一 郎

千葉県柏市新十番二番1号 株式会社日

立メディコ柏工場内

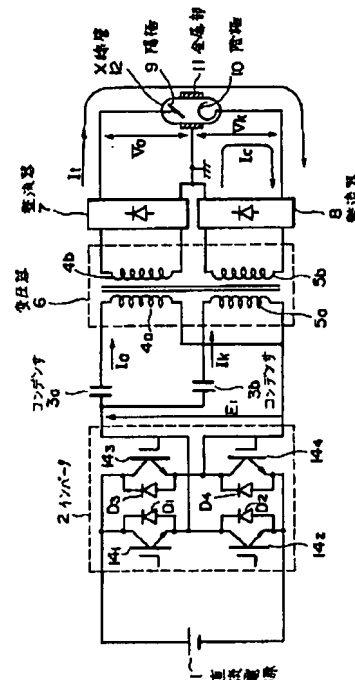
(74)代理人 弁理士 西山 春之

(54)【発明の名称】 インバータ式X線装置

(57)【要約】

【目的】 インバータ式X線装置において、メタルX線管と呼ばれるX線管を備えたものにおいてもそのX線管の陽極・アース間電圧と陰極・アース間電圧とを均衡させる。

【構成】 インバータ2の出力側に設けられた共振素子部は、上記インバータ2の出力側に並列に接続された同一構成の第一の共振素子3a及び第二の共振素子3bから成るものとし、第一の共振素子3aと変圧器6の第一の一次巻線4aとで第一の共振回路を構成すると共に、第二の共振素子3bと上記変圧器6の第二の一次巻線5aとで第二の共振回路を構成するようにしたものである。これにより、負荷としてのX線管12の陽極・アース間電圧Vaと陰極・アース間電圧Vkとを均衡させることができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流電源と、この直流電源からの直流を受電して交流に変換するインバータと、このインバータに接続されその出力電圧によって共振電流を生じさせる共振素子部と、この共振素子部に並列に接続された第一の一次巻線及び第二の一次巻線を有すると共にこの各一次巻線に対応して巻かれた第一の二次巻線及び第二の二次巻線を有し上記共振素子部からの出力電圧を昇圧する変圧器と、この変圧器の第一及び第二の二次巻線にそれぞれ接続されその出力を直流に変換する第一の整流器及び第二の整流器と、上記一方の整流器に陽極が接続されると共に他方の整流器に陰極が接続され且つ容器の一部が金属で形成されこの金属部を上記第一の整流器及び第二の整流器の出力が直列に接続された部位に接続し更にこの接続部位がアースに接続され上記第一及び第二の整流器の出力電圧によってX線を放射するX線管とを有するインバータ式X線装置において、上記共振素子部は、上記インバータの出力側に並列に接続された同一構成の第一の共振素子及び第二の共振素子から成るものとし、第一の共振素子と上記変圧器の第一の一次巻線とで第一の共振回路を構成すると共に、第二の共振素子と上記変圧器の第二の一次巻線とで第二の共振回路を構成するようにしたことを特徴とするインバータ式X線装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、直流電源からの直流電圧をインバータを用いて交流電圧に変換し、その出力電圧を昇圧すると共に整流して直流電圧をX線管に供給してX線を放射するインバータ式X線装置に関し、特に変圧器が2脚に分かれていると共に出力が直列接続された二つの整流器を有し金属X線管と呼ばれるX線管を備えた装置において、上記X線管の陽極・アース間電圧と陰極・アース間電圧とを均衡させることができるインバータ式X線装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来のこの種のインバータ式X線装置は、図6に示すように、直流電源1と、この直流電源1からの直流を受電して交流に変換するインバータ2と、このインバータ2に接続されその出力電圧によって共振電流を生じさせる共振素子部(3)と、この共振素子部(3)に並列に接続された第一の一次巻線4a及び第二の一次巻線5aを有すると共にこの各一次巻線4a、5aに対応して巻かれた第一の二次巻線4b及び第二の二次巻線5bを有し上記共振素子部(3)からの出力電圧 $E_2$ を昇圧する変圧器6と、この変圧器6の第一及び第二の二次巻線4b、5bにそれぞれ接続されその出力を直流に変換する第一の整流器7及び第二の整流器8と、上記一方の整流器7に陽極9が接続されると共に他方の整流器8に陰極10が接続され且つ容器の一部が金属で形成されこの金属部11を上記第一の整流器7及び第二

2

の整流器8の出力が直列に接続された部位に接続し更にこの接続部位がアースに接続され上記第一及び第二の整流器7、8の出力電圧によってX線を放射するX線管12とを有して成っていた。なお、上記共振素子部は一つのコンデンサ3から成り、また、上記X線管12は金属X線管と呼ばれるものである。

【0003】このようなインバータ式X線装置においては、X線管12の陽極・アース間電圧 $V_a$ と、陰極・アース間電圧 $V_k$ とを、それぞれ陽極・陰極間電圧(以下「管電圧」という)の半分に見積もり、変圧器6及び整流器7、8並びにX線管12の耐圧設計を容易とすることができる。例えば、最大管電圧が150kVのX線装置では、変圧器6の二次巻線の耐圧や、X線管12の陽極9及び陰極10の対アース電圧は、それぞれその1/2の75kVに見積もればよいとされる。

【0004】図7は図6における変圧器6の構造を一部断面して示した説明図である。側面視で口の字形の鉄心13の一方の脚13aには第一の一次巻線4aと第一の二次巻線4bとが巻かれており、他方の脚13bには第二の一次巻線5aと第二の二次巻線5bとが巻かれている。そして、X線装置に使用される変圧器6は、高電圧側になる二次巻線と低電圧側になる一次巻線との間の電圧差が大きくなるために、それぞれの一次巻線4a、5aと二次巻線4b、5bとの間に、所定の距離をあけると共に絶縁物(図示省略)を介在させなければならない。このことから、磁束の一部が上記一次巻線4a、5aと二次巻線4b、5bとの間を通過し、又は各巻線と鉄心13との間を通過して漏れ磁束が生じ易いという特徴がある。従って、一部の磁束は上記鉄心13を通らず、見かけ上、第一の一次巻線4aと二次巻線4bとで一つの変圧器を構成し、第二の一次巻線5aと二次巻線5bとでもう一つの変圧器を構成しているとみなすことができる。なお、上記の漏れ磁束は漏れインダクタンスとして作用し、別に設けられたコンデンサ3と共に共振電流を生じさせ、高電圧を発生させるために積極的に用いることもできる。

【0005】このような状態で、図6において、変圧器6の第一の二次巻線4bの出力は第一の整流器7で整流され、電流 $I_{t'}$ が、第一の整流器7→X線管12の陽極9→陰極10→第二の整流器8の回路で流れる。このとき、上記X線管12の陰極10から発生する熱電子の一部は、容器の金属部11を介してアースに流れ込み、電流 $I_{c'}$ が、第二の整流器8→X線管12の金属部11→陰極10→第二の整流器8の回路で流れる。すなわち、上記第一の二次巻線4bは、第一の整流器7を介して電流 $I_{t'}$ を供給し、第二の二次巻線5bは、第二の整流器8を介して電流 $I_{t'}$ と $I_{c'}$ とを供給することとなる。このことから、上記変圧器6において、第二の二次巻線5bに流れる電流は、第一の二次巻線4bに流れる電流よりも $I_{c'}$ だけ多くなる。ここで、前述のよう

に、変圧器6は、第一の一次巻線4a及び二次巻線4bから成る第一の変圧器と、第二の一次巻線5a及び二次巻線5bから成る第二の変圧器とに分けて考えられるから、第二の一次巻線5aに流れる電流 $I_{k'}$ は、第一の一次巻線4aに流れる電流 $I_{a'}$ よりも大きくなる。つまり、インバータ2の出力側から見ると、X線管12に電力を供給する回路のうち、陰極10側の回路は陽極9側の回路よりも負荷インピーダンスが低いとみなすことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来のインバータ式X線装置において、X線管12の容器の一部が金属で形成されると共にこの金属部11がアースに接続されている場合は、上記の金属部11によって陽極・アース間電圧 $V_a$ と陰極・アース間電圧 $V_k$ とに不均衡が生じ、特に陽極・アース間に生じた高電圧によつて

$$I_{a'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_1 / R_a) \quad \dots (1)$$

$$I_{k'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_2 / R_k) \quad \dots (2)$$

となる。いま、例えば、陽極側の負荷抵抗 $R_a$ に比べて  $R_k \approx 0.9 R_a$  ※20※陰極側の負荷抵抗 $R_k$ が約10%小さいとすると、

$$R_k \approx 0.9 R_a \quad \dots (3)$$

であり、

$$L_1 = L_2 \quad \dots (4)$$

と考えられるから、上記の式(1)及び式(2)から、陰極側の負荷抵抗 $R_k$ が小さい分だけ、陰極側に供給される第二の一次巻線5aの電流 $I_{k'}$ の位相が遅れることとなる。

【0008】上記のように第二の一次巻線5aの電流 $I_{k'}$ の位相が遅れることから、この位相の遅れ分だけ力率が小さくなり、陰極10側へ供給される出力電力が低下する。その結果、図9に示すように、陽極・アース間電圧 $V_a$ に比べ陰極・アース間電圧 $V_k$ が低下し、両電圧間で不均衡が生じる。この電圧の差は、図6に示す電流 $I_{b'}$ や $I_{c'}$ が大きい程増加し、実用領域で例えば20kV以上にもなることがある。このように大きな電圧の不均衡によって、主として陽極・アース間に異常な高電圧が発生し、変圧器6や整流器7、8又はX線管12の耐圧を超えることがあり、これらを破壊するおそれがあった。

【0009】そこで、本発明は、このような問題点に対処し、メタルX線管と呼ばれるX線管を備えた装置において、上記X線管の陽極・アース間電圧と陰極・アース間電圧とを均衡させることができるインバータ式X線装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によるインバータ式X線装置は、直流電源と、この直流電源からの直流を受電して交流に変換するインバータと、このインバータに接続されその出力電圧によって共振電流を生じさせる共振素子部と、この共振

\*て装置の一部が破壊するおそれがあった。この現象について、図8及び図9を参照して説明する。

【0007】図8は従来のインバータ式X線装置において、変圧器6の第一の一次巻線4a及び第二の一次巻線5aに入力される電圧と電流との関係を示すグラフである。このグラフからわかるように、陰極10の側のインピーダンスが小さいと、第二の一次巻線5aに流れる電流 $I_{k'}$  (破線で示す)が、第一の一次巻線4aに流れる電流 $I_{a'}$  (実線で示す)よりもわずかに大きくなり、同時に一次巻線側に供給される電圧 $E_2$ に対して位相が少し遅れる。ここで、共通の電圧源( $E_2$ )から見た第一の一次巻線4aのリアクトルを $L_1$ 、第二の一次巻線5aのリアクトルを $L_2$ とし、さらにX線管12の陽極9側の負荷抵抗を $R_a$ 、陰極10側の負荷抵抗を $R_k$ とし、電圧源の角周波数を $\omega$ とすると、電圧源に対する電流 $I_{a'}$ 、 $I_{k'}$ の位相は、

$$I_{a'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_1 / R_a) \quad \dots (1)$$

$$I_{k'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_2 / R_k) \quad \dots (2)$$

★素子部に並列に接続された第一の一次巻線及び第二の一次巻線を有すると共にこの各一次巻線に対応して巻かれた第一の二次巻線及び第二の二次巻線を有し上記共振素子部からの出力電圧を昇圧する変圧器と、この変圧器の第一及び第二の二次巻線にそれぞれ接続されその出力を直流に変換する第一の整流器及び第二の整流器と、上記一方の整流器に陽極が接続されると共に他方の整流器に陰極が接続され且つ容器の一部が金属で形成されこの金属部を上記第一の整流器及び第二の整流器の出力が直列に接続された部位に接続し更にこの接続部位がアースに接続され上記第一及び第二の整流器の出力電圧によってX線を放射するX線管とを有するインバータ式X線装置において、上記共振素子部は、上記インバータの出力側に並列に接続された同一構成の第一の共振素子及び第二の共振素子から成るものとし、第一の共振素子と上記変圧器の第一の一次巻線とで第一の共振回路を構成すると共に、第二の共振素子と上記変圧器の第二の一次巻線とで第二の共振回路を構成するようにしたものである。

【0011】

【作用】このように構成されたインバータ式X線装置は、インバータの出力側の共振素子部を上記インバータの出力側に並列に接続された同一構成の第一の共振素子及び第二の共振素子から成るものとし、上記第一の共振素子と変圧器の第一の一次巻線とで構成された第一の共振回路、及び上記第二の共振素子と上記変圧器の第二の一次巻線とで構成された第二の共振回路により、X線管の陽極側と陰極側とにそれぞれ独立した共振回路が構成

5

されたこととなり、上記変圧器の二つの一次巻線に流れる電流に位相差が生じないようにすることができると共に、負荷インピーダンスの低い陰極側には多くの電流が供給されることによって、上記X線管の陽極・アース間電圧と陰極・アース間電圧とを均衡させることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を添付図面に基づいて詳細に説明する。図1は本発明によるインバータ式X線装置の実施例を示す回路図である。このインバータ式X線装置は、直流電源からの直流電圧をインバータを用いて交流電圧に変換し、その出力電圧を昇圧すると共に整流して直流電圧をX線管に供給してX線を放射するもので、図に示すように、直流電源1と、インバータ2と、コンデンサ3a、3bと、変圧器6と、整流器7、8と、X線管12とを有して成る。

【0013】上記直流電源1は、直流電圧を供給する装置であり、例えば50Hz又は60Hzの交流の商用電源の電力を、ダイオードなどの整流素子で整流すると共にコンデンサなどの平滑素子で平滑することによって、擬似的に直流電圧を得るようになっていて、そして、この直流電圧が後述のインバータ2の入力電圧となる。

【0014】インバータ2は、上記直流電源1から出力される直流電圧を受電して交流電圧に変換すると共に共振現象を利用して電力を制御するもので、半導体から成る四つのスイッチング素子14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>、14<sub>3</sub>、14<sub>4</sub>を組み合わせてフルブリッジ型に構成されると共に、これらのスイッチング素子14<sub>1</sub>～14<sub>4</sub>にはそれぞれフライホイールダイオードD<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub>が逆並列接続されている。なお、上記スイッチング素子14<sub>1</sub>～14<sub>4</sub>としては、例えばゲート絶縁型バイポーラトランジスタが用いられている。

【0015】コンデンサ3a、3bは、インバータ2に並列に接続され、そのインバータ2の出力電圧によって共振電流を生じさせる共振素子部となるものである。また、変圧器6は、上記共振素子部(3a、3b)からの出力電圧を昇圧するもので、該共振素子部(3a、3b)に並列に接続された第一の一次巻線4a及び第二の一次巻線5aを有すると共に、これらの各一次巻線4a、5aに対応して巻かれた第一の二次巻線4b及び第二の二次巻線5bを有している。その具体的な構造は、図7に示すと同様に構成されている。

【0016】第一の整流器7及び第二の整流器8は、上記変圧器6の第一の二次巻線4b及び第二の二次巻線5bにそれぞれ接続され、その出力の交流電圧を直流に変換するものである。なお、この二つの整流器7、8の出力は直列に接続されている。

【0017】X線管12は、上記第一及び第二の整流器7、8の出力電圧が印加されてX線を放射するもので、熱電子を発生する陰極10と、この陰極10からの熱電

6

子が衝突することによってX線を発生する陽極9と、この陽極9と陰極10とを収納する容器の一部である金属部11とを有して成り、メタルX線管と呼ばれるものである。そして、上記第一の整流器7に陽極9が接続されると共に、第二の整流器8に陰極10が接続され、且つ上記第一の整流器7及び第二の整流器8の出力が直列に接続された部位に金属部11が接続され、更にこの接続部位がアースに接続されている。

【0018】ここで、本発明においては、インバータ2の出力側に設けられた共振素子部を、図1に示すように、上記インバータ2の出力側に並列に接続された第一の共振素子としてのコンデンサ3aと第二の共振素子としてのコンデンサ3bとから成るものとし、上記第一のコンデンサ3aと前記変圧器6の第一の一次巻線4aとで第一の共振回路を構成すると共に、上記第二のコンデンサ3bと前記変圧器6の第二の一次巻線5aとで第二の共振回路を構成するようにしたものである。なお、上記両コンデンサ3a、3bは、同一容量とされている。

【0019】次に、このように構成されたインバータ式X線装置の動作について説明する。まず、図1において、直流電源1の出力は、次のインバータ2へ入力して交流電圧に変換される。次に、上記インバータ2から出力される交流電圧の一方は、第一のコンデンサ3aと変圧器6の第一の一次巻線4aとから成る第一の共振回路に供給され、該変圧器6の第一の一次巻線4aと二次巻線4bとの間に生じる漏れインダクタンスによって、共振電流I<sub>a</sub>が流れる。そして、この共振電流I<sub>a</sub>によって第一の二次巻線4bから交流電圧が出力され、その後第一の整流器7で直流に変換されて、負荷であるX線管12の陽極9から陰極10へ流れる電流I<sub>t</sub>を供給する。

【0020】これと同時に、上記インバータ2から出力される交流電圧の他方は、第二のコンデンサ3bと変圧器6の第二の一次巻線5aとから成る第二の共振回路に供給され、該変圧器6の第二の一次巻線5aと二次巻線5bとの間に生じる漏れインダクタンスによって、共振電流I<sub>k</sub>が流れる。そして、この共振電流I<sub>k</sub>によって第二の二次巻線5bから交流電圧が出力され、その後第二の整流器8で直流に変換されて、負荷であるX線管12の陽極9から陰極10へ流れる電流I<sub>t</sub>と、容器の金属部11から陰極10へ流れる電流I<sub>c</sub>とを供給する。この場合、負荷インピーダンスの小さい陰極側の第二の一次巻線5aと第二の二次巻線5bと第二の整流器8とは、陽極側の第一の一次巻線4aと第一の二次巻線4bと第一の整流器7とよりもI<sub>c</sub>だけ大きな電流を供給しなければならない。

【0021】図2は図1におけるインバータ2の出力電圧E<sub>i</sub>と、第一の一次巻線4aに流れる電流I<sub>a</sub>及び第二の一次巻線5aに流れる電流I<sub>k</sub>との関係を示すグラフである。このグラフからわかるように、X線管12の陽極側と陰極側とでそれぞれ独立した第一の共振回路(3

7

a, 4 a) 及び第二の共振回路 (3 b, 5 a) に流れる電流 I<sub>a</sub> (実線で示す) 及び電流 I<sub>k</sub> (破線で示す) の位相は略同一となり、上記インバータ 2 の出力電圧 E<sub>1</sub> との間に力率の違いが生じない。ここで、共通の電圧源 (E<sub>1</sub>) から見た第一のコンデンサ 3 a の容量を C<sub>1</sub>、第二のコンデンサ 3 b の容量を C<sub>2</sub> とし、第一の一次巻線 \*

$$I_a \text{ の位相} = -\tan^{-1} \{ (\omega \cdot L_1 - (\omega \cdot C_1)^{-1}) / R_a \} \quad \cdots (5)$$

$$I_k \text{ の位相} = -\tan^{-1} \{ (\omega \cdot L_2 - (\omega \cdot C_2)^{-1}) / R_k \} \quad \cdots (6)$$

となる。そして、共振状態においては、式 (5) 及び式 10 ※ (6) において、

$$\omega \cdot L_1 - (\omega \cdot C_1)^{-1} \approx 0 \quad \cdots (7)$$

$$\omega \cdot L_2 - (\omega \cdot C_2)^{-1} \approx 0 \quad \cdots (8)$$

であるから、陽極側の負荷抵抗 R<sub>a</sub> 及び陰極側の負荷抵抗を R<sub>k</sub> にかかわらず、電圧源 (E<sub>1</sub>) に対して陽極側の電流 I<sub>a</sub> 及び陰極側の電流 I<sub>k</sub> の位相遅れは、上記の式 (5) 及び式 (6) から明らかなように零となる。また、電流のピーク値は、図 2 から明らかなように、負荷抵抗 R<sub>k</sub> の低い陰極側の電流 I<sub>k</sub> の方が大きいから、陰極側の出力電力は陽極側の出力電力よりも大きくなる。その結果、図 3 に示すように、X 線管 1 2 の陽極・アース間電圧 V<sub>a</sub> と陰極・アース間電圧 V<sub>k</sub> とは均衡することとなる。

【0022】 以上のように、図 1 に示す実施例においては、変圧器 6 の第一の一次巻線 4 a 及び第二の一次巻線 5 a に流れる電流 I<sub>a</sub>、I<sub>k</sub> 間に位相差が生じないと共に、より多くの負荷電流を X 線管 1 2 の陰極 1 0 側に供給することができるので、その結果アースに対する陽極 9 と陰極 1 0 との電圧が均衡し、図 3 に示すように、X 線管 1 2 の陽極 9 から陰極 1 0 へ流れる管電流 I<sub>t</sub> にか

かわらず、常に一定となる。従って、異常な高電圧による X 線管 1 2 や整流器 7、8 及び変圧器 6 の破壊を防止することができる。

【0023】 図 4 は本発明の他の実施例を示す回路図である。この実施例は、図 1 において二つのコンデンサ 3 a、3 b から成る共振素子部からの出力電圧を昇圧する変圧器を、別個独立に形成された二つの鉄心の一方に第一の一次巻線 4 a 及び二次巻線 4 b を巻いて成る第一の変圧器 6 a と、他方に第二の一次巻線 5 a 及び二次巻線 5 b を巻いて成る第二の変圧器 6 b とで構成したもので

ある。そして、上記第一の変圧器 6 a が X 線管 1 2 の陽極 9 側の電圧発生に寄与し、第二の変圧器 6 b が陰極 1 0 側の電圧発生に寄与するようになっている。

【0024】 図 5 は本発明の更に他の実施例を示す回路図である。この実施例は、図 1 においてインバータ 2 の後段にて並列に設けられた二つのコンデンサ 3 a、3 b のそれぞれの出力側に、第一のインダクタンス 1 5 a と、第二のインダクタンス 1 5 b とを設けたものである。この場合は、第一のコンデンサ 3 a と第一のインダクタンス 1 5 a とで第一の共振素子を構成し、第二のコン

8

\* 4 a のリアクトルを L<sub>1</sub>、第二の一次巻線 5 a のリアクトルを L<sub>2</sub> とし、さらに X 線管 1 2 の陽極 9 側の負荷抵抗を R<sub>a</sub>、陰極 1 0 側の負荷抵抗を R<sub>k</sub> とし、電圧源の角周波数を ω とすると、電圧源に対する電流 I<sub>a</sub>、I<sub>k</sub> の位相は、

★ コンデンサ 3 b と第二のインダクタンス 1 5 b とで第二の共振素子を構成する。そして、上記第一のコンデンサ 3 a と第一のインダクタンス 1 5 a と変圧器 6 の第一の一次巻線 4 a とで第一の共振回路を構成すると共に、上記第二のコンデンサ 3 b と第二のインダクタンス 1 5 b と変圧器 6 の第二の一次巻線 5 a とで第二の共振回路を構成する。このとき、上記各インダクタンス 1 5 a、1 5 b は、変圧器 6 の各一次巻線 4 a、5 a の漏れインダクタンスの不足分を補うものとして作用する。なお、このような共振回路の構成は、図 4 の実施例に対しても適用することができる。

【0025】 なお、以上説明した図 1 及び図 4 並びに図 5 の実施例においては、インバータ 2 を構成する四つのスイッチング素子としてゲート絶縁型バイポーラトランジスタを用いたものとして示したが、本発明はこれに限らず、例えばサイリスタまたはバイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタなどの他のスイッチング素子を用いてもよい。

【0026】

【発明の効果】 本発明は以上のように構成されたので、インバータの出力側の共振素子部を上記インバータの出力側に並列に接続された同一構成の第一の共振素子及び第二の共振素子から成るものとし、上記第一の共振素子と変圧器の第一の一次巻線とで構成された第一の共振回路、及び上記第二の共振素子と上記変圧器の第二の一次巻線とで構成された第二の共振回路により、X 線管の陽極側と陰極側とにそれぞれ独立した共振回路が構成されたこととなり、上記変圧器の二つの一次巻線に流れる電流に位相差が生じないようにすることができると共に、負荷インピーダンスの低い陰極側には多くの電流が供給されることによって、上記 X 線管の陽極・アース間電圧と陰極・アース間電圧とを均衡させることができる。従って、従来のように主として陽極・アース間に異常な高電圧が発生するのを防止して、変圧器や整流器又は X 線管が破壊するおそれを無くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明によるインバータ式 X 線装置の実施例

を示す回路図、

【図2】 図1におけるインバータの出力電圧と、第一の一次巻線に流れる電流  $I_a$  及び第二の一次巻線に流れる電流  $I_k$  との関係を示すグラフ、

【図3】 X線管の陽極・アース間電圧  $V_a$  と陰極・アース間電圧  $V_k$  とが均衡する状態を示すグラフ、

【図4】 本発明の他の実施例を示す回路図、

【図5】 本発明の更に他の実施例を示す回路図、

【図6】 従来のインバータ式X線装置を示す回路図、

【図7】 図6における変圧器の構造を一部断面して示す説明図、

【図8】 従来のインバータ式X線装置において、変圧器の第一の一次巻線及び第二の一次巻線に入力される電

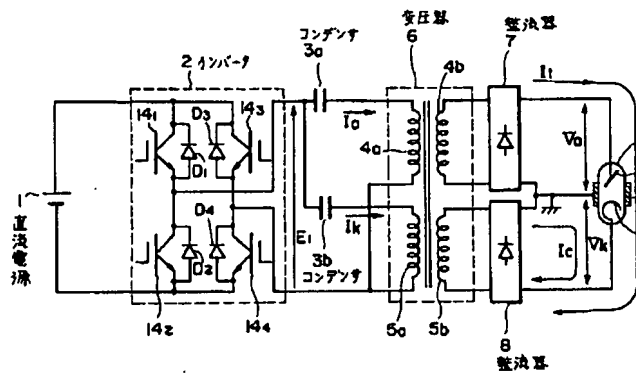
圧と電流との関係を示すグラフ、

【図9】 従来例において、陽極・アース間電圧  $V_a$  に比べ陰極・アース間電圧  $V_k$  が低下し、両電圧間で不均衡が生じる状態を示すグラフ。

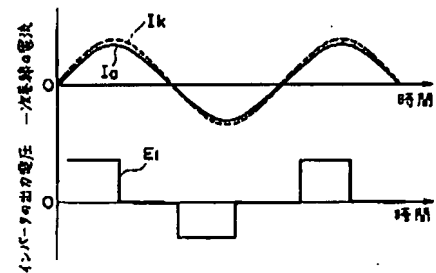
【符号の説明】

1…直流電源、2…インバータ、3a, 3b…コンデンサ、4a, 5a…一次巻線、4b, 5b…二次巻線、6…変圧器、7, 8…整流器、9…陽極、10…陰極、11…金属部、12…X線管、15a, 15b…インダクタンス、 $I_a$ …陽極側の電流、 $I_k$ …陰極側の電流、 $V_a$ …陽極・アース間電圧、 $V_k$ …陰極・アース間電圧。

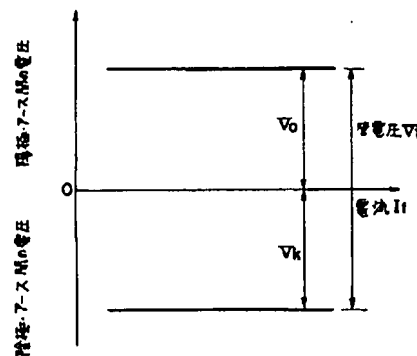
【図1】



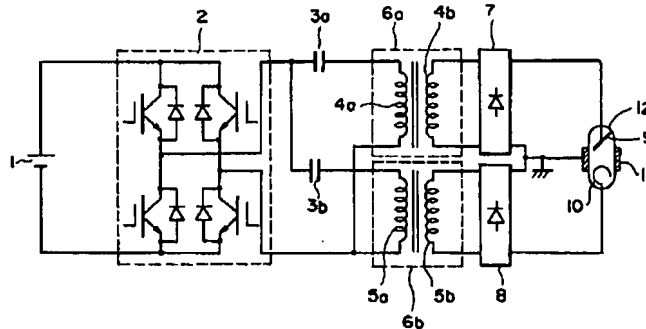
【図2】



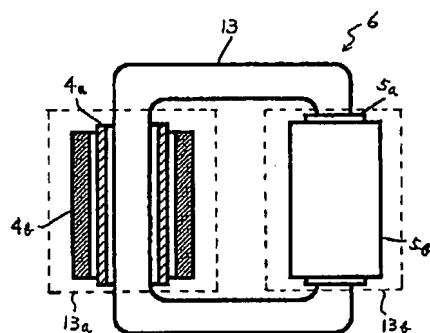
【図3】



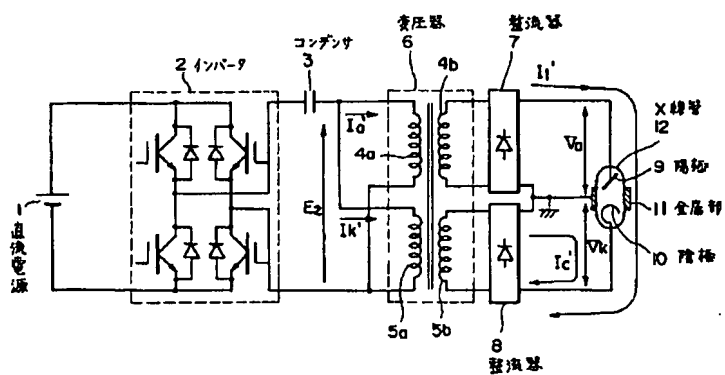
【図4】



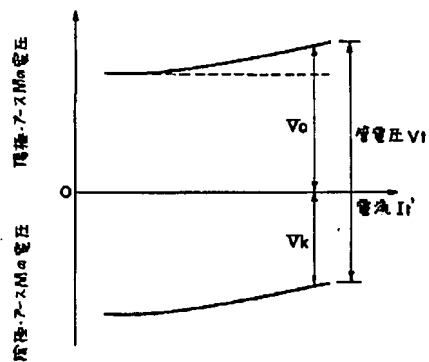
【図7】



【图6】



【図9】



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention changes the direct current voltage from DC power supply into alternating voltage using an inverter. It is related with the inverter type X-ray plant which rectifies while carrying out the pressure up of the output voltage, supplies direct current voltage to an X-ray tube, and emits an X-ray. While especially the transformer is divided into 2 pieces, in equipment equipped with the X-ray tube with which an output has the rectifier which is two by which series connection was carried out, and is called a metal X-ray tube, it is related with the inverter type X-ray plant which can balance the anode plate and the electrical potential difference between grounds of the above-mentioned X-ray tube, and cathode and the electrical potential difference between grounds.

[0002]

[Description of the Prior Art] As this conventional kind of inverter type X-ray plant is shown in drawing 6, DC power supply 1, The inverter 2 which receives the direct current from these DC power supply 1, and is changed into an alternating current, The resonant element section which it connects [ section ] with this inverter 2 and produces the resonance current with that output voltage (3), The transformer 6 which has the first secondary-winding 4b and second secondary-winding 5b which were rolled corresponding to these each first coils 4a and 5a, and carries out the pressure up of the output voltage E2 from the above-mentioned resonant element section (3) while having the first primary-winding 4a and second primary-winding 5a which were connected to juxtaposition at this resonant element section (3), The first rectifier 7 and second rectifier 8 which are connected to the first of this transformer 6, and the second secondary winding 4b and 5b, respectively, and change that output into a direct current, While an anode plate 9 is connected to the rectifier 7 of the method of top Norikazu Cathode 10 is connected to the rectifier 8 of another side, and some containers are formed with a metal, the output of the first rectifier 7 of the above and the second rectifier 8 connects this metal section 11 to the part to which it connected with the serial, and this connection part is further connected to a ground. With the output voltage of the above-mentioned first and the second rectifier 7 and 8 It has X-ray tube 12 which emits an X-ray, and changed. In addition, the above-mentioned resonant element section consists of one capacitor 3, and above-mentioned X-ray tube 12 is called a metal X-ray tube.

[0003] In such an inverter type X-ray plant, the anode plate and the electrical potential difference  $V_a$  between grounds of X-ray tube 12, and cathode and the electrical potential difference between grounds  $V_k$  can be estimated to be the one half of an anode plate and the electrical potential difference between cathode (henceforth "tube voltage"), respectively, and the proof-pressure design of X-ray tube 12 can be made easy at a transformer 6 and a rectifier 7, and 8 lists. For example, in the X-ray plant whose maximum tube voltage is 150kV, it is supposed that what is necessary is pressure-proofing of the secondary winding of a transformer 6 and the electrical potential difference for a ground of the anode plate 9 of X-ray tube 12 and cathode 10 just to estimate it as 75kV of 1/the 2, respectively.

[0004] Drawing 7 is the explanatory view in which having carried out the cross section of a part of structure of the transformer 6 in drawing 6, and having shown it. First primary-winding 4a and first



secondary-winding 4b are wound around one foot 13a of the iron core 13 of the typeface of RO by side view, and second primary-winding 5a and second secondary-winding 5b are wound around foot 13b of another side. And the transformer 6 used for an X-ray plant must make an insulating material (illustration abbreviation) intervene, since the electrical-potential-difference difference between the primary windings which are on a secondary-winding [ which is on a high-voltage side ], and low-battery side becomes large while opening a predetermined distance between each primary windings 4a and 5a and secondary windings 4b and 5b. this to a part of magnetic flux -- top Norikazu -- there is the description of passing through between degree coils 4a and 5a and secondary windings 4b and 5b, or passing through between each coil and iron cores 13, and being easy to produce leakage flux. Therefore, it can be considered that a part of magnetic flux does not pass along the above-mentioned iron core 13, but constitutes one transformer from the first primary-winding 4a and secondary-winding 4b seemingly, and constitutes another transformer from the second primary-winding 5a and secondary-winding 5b. In addition, the above-mentioned leakage flux acts as leakage inductance, produces the resonant current with the capacitor 3 formed independently, and in order to generate the high voltage, it can also be used positively.

[0005] In such the condition, the output of first secondary-winding 4b of a transformer 6 is rectified by the first rectifier 7 in drawing 6, and current  $I_t'$  flows in the circuit of the anode plate 9 -> cathode 10 -> second rectifier 8 of first rectifier 7 -> X-ray tube 12. At this time, some thermoelectrons generated from the cathode 10 of above-mentioned X-ray tube 12 flow into a ground through the metal section 11 of a container, and current  $I_c'$  flows in the circuit of the metal section 11 -> cathode 10 -> second rectifier 8 of second rectifier 8 -> X-ray tube 12. That is, secondary-winding 4b of the above first will supply current  $I_t'$  through the first rectifier 7, and second secondary-winding 5b will supply current  $I_t'$  and  $I_c'$  through the second rectifier 8. From this, only  $I_c'$  of the current which flows to second secondary-winding 5b increases more than the current which flows to first secondary-winding 4b in the above-mentioned transformer 6. Here, as mentioned above, since a transformer 6 is divided into the first transformer which consists of the first primary-winding 4a and secondary-winding 4b, and the second transformer which consists of the second primary-winding 5a and secondary-winding 5b and it thinks, current  $I_k'$  which flows to second primary-winding 5a becomes larger than current  $I_a'$  which flows to first primary-winding 4a. That is, if it sees from the output side of an inverter 2, the circuit by the side of cathode 10 can be regarded as load impedance being lower than the circuit by the side of an anode plate 9 among the circuits which supply power to X-ray tube 12.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in such a conventional inverter type X-ray plant, while some containers of X-ray tube 12 were formed with the metal, when this metal section 11 was connected to the ground, there was a possibility that some equipments might break with the high voltage which imbalance produced on the anode plate and the electrical potential difference  $V_a$  between grounds, and cathode and the electrical potential difference between grounds  $V_k$ , and was especially produced between the anode plate and the ground by the above-mentioned metal section 11. This phenomenon is explained with reference to drawing 8 and drawing 9.

[0007] Drawing 8 is a graph which shows the relation of the electrical potential difference and current which are inputted into the first primary-winding 4a of a transformer 6, and second primary-winding 5a in the conventional inverter type X-ray plant. If the near impedance of cathode 10 is small so that this graph may show, it will become large slightly and a phase will be late for current  $I_a'$  (a continuous line shows) to which current  $I_k'$  (a broken line shows) which flows to second primary-winding 5a flows to first primary-winding 4a for a while to the electrical potential difference  $E_2$  supplied to coincidence at a primary-winding side. The phase of current  $I_a'$  to a voltage source, and  $I_k'$  if the reactor of L1 and second primary-winding 5a is set to L2 for the reactor of first primary-winding 4a seen from the common voltage source ( $E_2$ ) here, load resistance by the side of  $R_a$  and cathode 10 is further set to  $R_k$  for the load resistance by the side of the anode plate 9 of X-ray tube 12 and angular frequency of a

$$I_{a'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_1 / R_a) \quad \dots (1)$$

$$\text{voltage source is set to } \omega, I_{k'} \text{ の位相} = -\tan^{-1} (\omega \cdot L_z / R_k) \quad \dots (2)$$

It becomes. Supposing the load resistance  $R_k$  by the side of cathode is small about 10% compared with the load resistance  $R_a$  by the side of now, for example, an anode plate,  $R_k \approx 0.9R_a$  -- (3)

Come out and it is.  $L_1 = L_2$  -- (4)

Since it thinks, only a part with the small load resistance  $R_k$  by the side of cathode will be from an above-mentioned formula (1) and an above-mentioned formula (2) in the phase of current  $I_{k'}$  of second primary-winding 5a supplied to a cathode side.

[0008] Since the phase of current  $I_{k'}$  of second primary-winding 5a is overdue as mentioned above, a power-factor becomes small by the delay of this phase, and the output power supplied to a cathode 10 side declines. Consequently, as shown in drawing 9, compared with an anode plate and the electrical potential difference  $V_a$  between grounds, cathode and the electrical potential difference  $V_k$  between grounds fall, and imbalance arises among both electrical potential differences. The difference of this electrical potential difference may increase, so that current  $I_{t'}$  and  $I_{c'}$  which are shown in drawing 6 are large, and it may become 20kV or more in a practical use field. Thus, there was a possibility of the unusual high voltage having occurred, and pressure-proofing of a transformer 6, rectifiers 7 and 8, or X-ray tube 12 having been exceeded mainly between an anode plate and a ground by the imbalance of a big electrical potential difference, and destroying these.

[0009] Then, this invention copes with such a trouble and aims at offering the inverter type X-ray plant which can balance the anode plate and the electrical potential difference between grounds of the above-mentioned X-ray tube, and cathode and the electrical potential difference between grounds in equipment equipped with the X-ray tube called a metal X-ray tube.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the inverter type X-ray plant by this invention DC power supply and the inverter which receives the direct current from these DC power supply, and is changed into an alternating current, The resonant element section which it connects [ section ] with this inverter and produces the resonance current with that output voltage, The transformer which has the first secondary winding and second secondary winding which were coiled corresponding to this each first coil, and carries out the pressure up of the output voltage from the above-mentioned resonant element section while having the first primary winding and second primary winding which were connected to juxtaposition at this resonant element section, The first rectifier and second rectifier which are connected to the first of this transformer, and the second secondary winding, respectively, and change that output into a direct current, While an anode plate is connected to the rectifier of the method of top Norikazu Cathode is connected to the rectifier of another side, and some containers are formed with a metal, the output of the first rectifier of the above and the second rectifier connects this metal section to the part to which it connected with the serial, and this connection part is further connected to a ground. With the output voltage of the above-mentioned first and the second rectifier In the inverter type X-ray plant which has the X-ray tube which emits an X-ray the above-mentioned resonant element section While consisting of the first resonant element and second resonant element of the same configuration of having connected with juxtaposition at the output side of the above-mentioned inverter and constituting the first resonance circuit from the first resonant element and the first primary winding of the above-mentioned transformer The second resonance circuit consists of the second resonant element and the second primary winding of the above-mentioned transformer.

[0011]

[Function] Thus, the constituted inverter type X-ray plant It shall consist of the first resonant element and second resonant element of the same configuration of that the resonant element section of the output side of an inverter was connected to juxtaposition at the output side of the above-mentioned inverter. By the first resonance circuit which consisted of the first resonant element of the above, and the first primary winding of a transformer, and the second resonance circuit which consisted of the second

resonant element of the above, and the second primary winding of the above-mentioned transformer. While being able to prevent phase contrast from being generated on the current which it means that the resonance circuit which became independent to the anode plate [ of an X-ray tube ] and cathode side, respectively was constituted, and flows to two primary windings of the above-mentioned transformer. By supplying many currents to the low cathode side of load impedance, the anode plate and the electrical potential difference between grounds of the above-mentioned X-ray tube, and cathode and the electrical potential difference between grounds can be balanced.

[0012]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail based on an accompanying drawing. Drawing 1 is the circuit diagram showing the example of the inverter type X-ray plant by this invention. This inverter type X-ray plant changes the direct current voltage from DC power supply into alternating voltage using an inverter, it rectifies while it carries out the pressure up of that output voltage, supplies direct current voltage to an X-ray tube, emits an X-ray, and as shown in drawing, it has DC power supply 1, an inverter 2, Capacitors 3a and 3b, a transformer 6, rectifiers 7 and 8, and X-ray tube 12, and it changes.

[0013] Above-mentioned DC power supply 1 are equipment which supplies direct current voltage, for example, obtain direct current voltage in false by carrying out smooth [ of the power of the source power supply of 50Hz or a 60Hz alternating current ] with smooth components, such as a capacitor, while rectifying devices, such as diode, rectify. And this direct current voltage turns into input voltage of the below-mentioned inverter 2.

[0014] While an inverter 2 receives the direct current voltage outputted from above-mentioned DC power supply 1 and changes it into alternating voltage, power is controlled using resonance phenomena, and while being constituted by the full bridge type combining four switching elements 141,142,143,144 which consist of a semi-conductor, antiparallel connection of the fly wheel diodes D1, D2, D3, and D4 is carried out to those switching elements 141-144, respectively. In addition, as the above-mentioned switching elements 141-144, the gate insulation-type bipolar transistor is used, for example.

[0015] It connects with an inverter 2 at juxtaposition, and Capacitors 3a and 3b serve as the resonant element section which produces the resonance current with the output voltage of the inverter 2. Moreover, a transformer 6 carries out the pressure up of the output voltage from the above-mentioned resonant element section (3a, 3b), and it has the first secondary-winding 4b and second secondary-winding 5b which were rolled corresponding to these each first coils 4a and 5a while it has the first primary-winding 4a and second primary-winding 5a which were connected to juxtaposition at this resonant element section.(3a, 3b). The concrete structure is similarly constituted, if shown in drawing 7 .

[0016] It connects with the first secondary-winding 4b of the above-mentioned transformer 6, and second secondary-winding 5b, respectively, and the first rectifier 7 and second rectifier 8 change the alternating voltage of the output into a direct current. In addition, the output of these two rectifiers 7 and 8 is connected to the serial.

[0017] The output voltage of the above-mentioned first and the second rectifier 7 and 8 is impressed, and X-ray tube 12 emits an X-ray, has the metal section 11 which are some containers which contain the cathode 10 which generates a thermoelectron, the anode plate 9 which generates an X-ray when the thermoelectron from this cathode 10 collides, and this anode plate 9 and cathode 10, changes, and is called a metal X-ray tube. And while an anode plate 9 is connected to the first rectifier 7 of the above, the metal section 11 is connected to the part to which cathode 10 was connected to the second rectifier 8, and the output of the first rectifier 7 of the above and the second rectifier 8 was connected to the serial, and this connection part is further connected to the ground.

[0018] In this invention, as shown in drawing 1 , the resonant element section prepared in the output side of an inverter 2 here It shall consist of capacitor 3a as the first resonant element and capacitor 3b as the second resonant element which were connected to juxtaposition at the output side of the above-mentioned inverter 2. While constituting the first resonance circuit from capacitor 3a of the above first, and the first primary-winding 4a of said transformer 6, the second resonance circuit consists of capacitor

3b of the above second, and the second primary-winding 5a of said transformer 6. In addition, let both the above-mentioned capacitors 3a and 3b be the same capacity.

[0019] Next, actuation of the inverter type X-ray plant constituted in this way is explained. First, in drawing 1, the output of DC power supply 1 is inputted into the following inverter 2, and is changed into alternating voltage. Next, one side of the alternating voltage outputted from the above-mentioned inverter 2 is supplied to the first resonance circuit which consists of first capacitor 3a and the first primary-winding 4a of a transformer 6, and the resonance current  $I_a$  flows by the leakage inductance produced between first primary-winding 4a of this transformer 6, and secondary-winding 4b. And alternating voltage is outputted by this resonance current  $I_a$  from the first secondary-winding 4b, it is changed into a direct current with the first rectifier 7 after that, and the current  $I_t$  which flows to cathode 10 from the anode plate 9 of X-ray tube 12 which is a load is supplied.

[0020] Another side of the alternating voltage which can come, simultaneously is outputted from the above-mentioned inverter 2 is supplied to the second resonance circuit which consists of second capacitor 3b and the second primary-winding 5a of a transformer 6, and the resonance current  $I_k$  flows by the leakage inductance produced between second primary-winding 5a of this transformer 6, and secondary-winding 5b. And alternating voltage is outputted by this resonance current  $I_k$  from the second secondary-winding 5b, it is changed into a direct current with the second rectifier 8 after that, and the current  $I_t$  which flows to cathode 10 from the anode plate 9 of X-ray tube 12 which is a load, and the current  $I_c$  which flows from the metal section 11 of a container to cathode 10 are supplied. In this case, second primary-winding 5a by the side of the small cathode of load impedance, second secondary-winding 5b, and the second rectifier 8 must supply a current only with bigger  $I_c$  than first primary-winding 4a by the side of an anode plate, first secondary-winding 4b, and the first rectifier 7.

[0021] Drawing 2 is a graph which shows relation with the current  $I_k$  which flows to Current  $I_a$  and second primary-winding 5a which flow to the output voltage  $E_1$  of the inverter 2 in drawing 1, and first primary-winding 4a. the phase of the current  $I_a$  (a continuous line shows) which flows to the first resonance circuit (3a, 4a) and second resonance circuit (3b, 5a) which became independent by the anode plate [of X-ray tube 12], and cathode side, respectively so that this graph may show, and Current  $I_k$  (a broken line shows) -- abbreviation -- it becomes the same and the difference in a power-factor does not arise between the output voltage  $E_1$  of the above-mentioned inverter 2. Capacity of  $C_1$  and second capacitor 3b is set to  $C_2$  for the capacity of first capacitor 3a seen from the common voltage source ( $E_1$ ) here. The phase of the currents  $I_a$  and  $I_k$  over a voltage source if the reactor of  $L_1$  and second primary-winding 5a is set to  $L_2$  for the reactor of first primary-winding 4a, load resistance by the side of  $R_a$  and cathode 10 is further set to  $R_k$  for the load resistance by the side of the anode plate 9 of X-ray tube 12 and angular frequency of a voltage source is set to  $\omega$ ,

$$I_a \text{ の位相} = -\tan^{-1} \{ (\omega \cdot L_1 - (\omega \cdot C_1)^{-1}) / R_a \} \quad \dots (5)$$

$$I_k \text{ の位相} = -\tan^{-1} \{ (\omega \cdot L_2 - (\omega \cdot C_2)^{-1}) / R_k \} \quad \dots (6)$$

It becomes. And in the resonance state, it sets at a formula (5) and a ceremony (6),

$$\omega \cdot L_1 - (\omega \cdot C_1)^{-1} \doteq 0 \quad \dots (7)$$

$$\omega \cdot L_2 - (\omega \cdot C_2)^{-1} \doteq 0 \quad \dots (8)$$

It comes out, and since it is, the phase lag of the current  $I_a$  by the side of an anode plate and the current  $I_k$  by the side of cathode serves as zero to a voltage source ( $E_1$ ) irrespective of  $R_k$  in the load resistance  $R_a$  by the side of an anode plate, and the load resistance by the side of cathode so that clearly from an above-mentioned formula (5) and an above-mentioned formula (6). Moreover, since the current  $I_k$  by the side of the low cathode of load resistance  $R_k$  is larger so that clearly [the peak value of a current] from drawing 2, the output power by the side of cathode becomes larger than the output power by the side of an anode plate. Consequently, as shown in drawing 3, the anode plate and the electrical potential difference  $V_a$  between grounds of X-ray tube 12, and cathode and the electrical potential difference between grounds  $V_k$  will be balanced.

[0022] As mentioned above, it sets in the example shown in drawing 1. While phase contrast does not arise between the current  $I_a$  which flows to the first primary-winding 4a of a transformer 6, and second primary-winding 5a, and  $I_k$ . Since more load currents can be supplied to the cathode 10 side of X-ray tube 12, as a result, the electrical potential difference of the anode plate 9 and cathode 10 to a ground is balanced, and as shown in drawing 3, it becomes always fixed from the anode plate 9 of X-ray tube 12 irrespective of the tube electric current  $I_t$  which flows to cathode 10. Therefore, destruction of X-ray tube 12 by the unusual high voltage, rectifiers 7 and 8, and a transformer 6 can be prevented.

[0023] Drawing 4 is the circuit diagram showing other examples of this invention. This example consists of the first transformer 6a which winds the first primary-winding 4a and secondary-winding 4b around one side of two iron cores formed separately independently in the transformer which carries out the pressure up of the output voltage from the resonant element section which consists of two capacitors 3a and 3b in drawing 1, and grows into it, and the second transformer 6b which winds the second primary-winding 5a and secondary-winding 5b around another side, and grows into it. And transformer 6a of the above first contributes to electrical-potential-difference generating by the side of the anode plate 9 of X-ray tube 12, and second transformer 6b contributes to electrical-potential-difference generating by the side of cathode 10.

[0024] Drawing 5 is the circuit diagram showing the example of further others of this invention. This example prepares first inductance 15a and second inductance 15b in each output side of two capacitors 3a and 3b formed in juxtaposition in the latter part of an inverter 2 in drawing 1. In this case, the first resonant element is constituted from the first capacitor 3a and the first inductance 15a, and the second resonant element consists of the second capacitor 3b and the second inductance 15b. And while constituting the first resonance circuit from capacitor 3a of the above first, the first inductance 15a, and the first primary-winding 4a of a transformer 6, the second resonance circuit consists of capacitor 3b of the above second, the second inductance 15b, and the second primary-winding 5a of a transformer 6. At this time, each above-mentioned inductances 15a and 15b act as that with which the insufficiency of the leakage inductance of the each first coils 4a and 5a of a transformer 6 is compensated. In addition, the configuration of such a resonance circuit is applicable also to the example of drawing 4.

[0025] In addition, although shown as a thing using the gate insulation-type bipolar transistor as four switching elements which constitute an inverter 2 in the example of drawing 5 in drawing 1 and the drawing 4 list which were explained above, this invention may use other switching elements, such as not only this but a thyristor or a bipolar transistor, a field-effect transistor, etc.

[0026]

[Effect of the Invention] Since this invention was constituted as mentioned above, it shall consist of the first resonant element and second resonant element of the same configuration of that the resonant element section of the output side of an inverter was connected to juxtaposition at the output side of the above-mentioned inverter. By the first resonance circuit which consisted of the first resonant element of the above, and the first primary winding of a transformer, and the second resonance circuit which consisted of the second resonant element of the above, and the second primary winding of the above-mentioned transformer. While being able to prevent phase contrast from being generated on the current which it means that the resonance circuit which became independent to the anode plate [ of an X-ray tube ] and cathode side, respectively was constituted, and flows to two primary windings of the above-mentioned transformer. By supplying many currents to the low cathode side of load impedance, the anode plate and the electrical potential difference between grounds of the above-mentioned X-ray tube, and cathode and the electrical potential difference between grounds can be balanced. Therefore, like before, it can prevent that the unusual high voltage occurs between an anode plate and a ground, and a possibility that a transformer, a rectifier, or an X-ray tube may break can mainly be abolished.

---

[Translation done.]